

# 稻草还田对油菜生长、土壤温度及湿度的影响

苏伟<sup>1</sup>, 鲁剑巍<sup>1\*</sup>, 周广生<sup>2</sup>, 李小坤<sup>1</sup>, 李云春<sup>1</sup>, 刘晓伟<sup>1</sup>

(1 华中农业大学资源与环境学院,湖北武汉 430070; 2 华中农业大学植物科学技术学院,湖北武汉 430070)

**摘要:** 采用盆栽和田间试验相结合的方法,研究了不同稻草还田方式及还田量对油菜出苗和苗情的影响,以及不同稻草覆盖量对油菜生长、养分吸收、产量及土壤水热状况的影响。盆栽试验结果表明,稻草覆盖和翻埋还田对油菜出苗均有抑制作用,出苗率及出苗速率随稻草还田量的增加均有降低趋势,但覆盖条件下油菜出苗所受抑制更加明显。稻草覆盖还田对油菜苗情影响不大,而稻草翻埋还田则对苗期油菜生长有明显的抑制作用。大田试验结果表明,稻草覆盖可以显著提高油菜苗期干物质积累及氮、磷、钾养分吸收的速率,但进入薹期之后油菜生长基本不受稻草覆盖的影响。稻草覆盖对油菜有显著的增产效果,平均增产幅度为 18.1%,但不同覆盖量之间差异不显著。另外,稻草覆盖后,土壤温度日变化趋于缓和,土壤含水率明显提高,且随覆盖量增加稻草的保温保水效果更为明显。

**关键词:** 稻草还田; 油菜; 土壤温度; 土壤湿度

中图分类号: S565.4; S157.4

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2011)02-0366-08

## Influence of straw-returning on rapeseed (*Brassica napus* L.) growth, soil temperature and moisture

SU Wei<sup>1</sup>, LU Jian-wei<sup>1\*</sup>, ZHOU Guang-sheng<sup>2</sup>, LI Xiao-kun<sup>1</sup>, LI Yun-chun<sup>1</sup>, LIU Xiao-wei<sup>1</sup>

(1 College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2 College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** This research consisted of a pot and a field experiment. The effects of different straw-returning methods and straw-returning rates on emergence and growth at seedling stage of rapeseed (*Brassica napus* L.) were studied using the pot experiment, while the growth, nutrients absorption and yield of rapeseed and the condition of soil temperature and moisture under different straw-mulching rates were studied by the field experiment. The results of the pot experiment showed that both mulching and turnover inhibited the emergence of rapeseed, but the inhibition effect of mulching was more severe. The effect of straw-mulching on growth of rapeseed at seedling stage was very limited, while the effect of turnover was more pronounced. Field experiment results showed that mulching could enhance significantly dry matter accumulation and nutrients absorbed rate of rapeseed at seedling stage, but had no effect from bud period to pod period compared to no straw-mulching treatment (CK). Compared with CK treatment, mulching could increase significantly rapeseed yield by 18.1% on average, while mulching rates had no effect on rapeseed yield. The results of the field experiment also indicated that compared with CK treatment, mulching could increase soil water content significantly, and lower the variation of soil temperature.

**Key words:** straw-returning; rapeseed; growth; soil temperature; soil moisture

收稿日期: 2010-06-22 接受日期: 2010-09-04

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2010BAD01B05, 2008BADA4B08); 教育部新世纪人才项目(NCET-07-0345); 油菜现代产业技术体系建设项目(nycytx-005)资助。

作者简介: 苏伟(1984—),男,内蒙古鄂尔多斯人,硕士研究生,主要从事现代施肥技术的研究。E-mail: suweim@webmail.hzau.edu.cn

\* 通讯作者 Tel: 027-61379276; E-mail: lujianwei@mail.hzau.edu.cn

本文为 2010 中国植物营养与肥料学会学术年会会议论文。

长江中下游地区是我国油菜的主产区,雨量资源丰富,但分布极不均匀,春夏两季降雨占全年总降雨量的70%,而秋冬两季仅占全年总降雨量的18%和12%<sup>[1]</sup>。季节性干旱,加上冬季不时出现的低温天气<sup>[2-3]</sup>,导致冬油菜的生产常受到干旱和低温的影响。大量研究表明,秸秆还田除能提供养分和提高土壤有机质外,还具有保温保墒的作用,对提高农田水分利用效率及增加作物产量均有明显的效果<sup>[4-10]</sup>。但是,这些研究主要集中在北方旱寒地区及南方水稻节水栽培方面,关于油菜方面的研究则较少。近年来,长江流域油菜种植中稻草还田的面积在不断扩大,但由于缺乏系统的研究和完善的技术,水稻秸秆被弃置或被焚烧的现象仍然十分普遍。其原因是对秸秆还田的作用和意义认识不足,且缺乏一套针对油菜生产的完善的秸秆还田技术体系<sup>[11]</sup>。近年来,水稻收获机械化程度不断提高,子粒收获与秸秆还田可同步进行,在提高生产效率的同时减少了劳力的投入,这为油菜生产中大面积的秸秆还田提供了有利条件,但秸秆还田配套技术不完善的问题仍然存在。针对这一问题,笔者开展了稻草还田对油菜出苗、初期苗情、养分吸收和产量影响的研究;并探讨了不同稻草覆盖量对地温和土壤含水率的影响,以为油菜生产中的秸秆还田提出相应的技术措施和建议。

## 1 材料与方 法

### 1.1 盆栽试验

盆栽试验主要考察稻草不同还田方式及还田量对油菜出苗及苗情的影响。试验于华中农业大学资源与环境学院盆栽场进行。供试油菜品种为华双5号,由国家油菜改良中心武汉分中心选育。供试土壤为狮子山黄棕壤,取自华中农业大学校园内,基础养分为:有机质含量8.8 g/kg、全氮0.67 g/kg、速效磷10.6 mg/kg、速效钾68.9 mg/kg、pH 6.44。供试秸秆为稻草,其养分含量分别为有机碳40.12%、氮0.73%、磷0.09%、钾2.54%。盆栽用长×宽×高=16.5 cm×16.5 cm×17.0 cm的根箱,每盆栽土5 kg。

试验设两种稻草还田方式:覆盖和翻埋;每种还田方式又设5个还田量水平:1500、3000、4500、6000和7500 kg/hm<sup>2</sup>(根据根箱面积折算为每盆用量分别为4、8、12、16和20 g)。两种还田方式共用一个对照处理(无稻草还田),共组成11个处理,3

次重复。

供试土壤经风干后过2 mm的筛。供试稻草风干,剪为8~10 cm长(作覆盖用)和2~4 cm长(作翻埋用)。按照处理设计要求,稻草覆盖处理直接装土,翻埋处理将稻草与土壤混匀后装盆。每盆灌水1.25 L,待落干后,均匀播50粒种子,然后将覆盖还田处理的稻草均匀覆于土表。油菜生长期根据需要进行适量浇水,每盆用水量相同。试验期间各处理均不添加肥料。

试验于2009年10月2日播种,10月9日齐苗,期间逐日调查各处理出苗情况。齐苗后每盆定苗20株。11月4日收获,将各盆中所有油菜苗齐地剪断,考察油菜苗生长状况,项目包括:叶片数、SPAD(叶绿素)值、叶面积、株高、根茎粗、根茎长及地上部干、鲜重。SPAD值用SPAD仪每盆随机测定20片叶取平均值;叶面积是测定每株的最大叶片,用叶长×叶宽表示;株高为自然状态下油菜植株高度;根茎粗是在子叶节下1 cm处用游标卡尺纵横量两次,取平均值;根茎长是用直尺测量的子叶节到茎基部的距离。

$$\text{出苗速率} = \frac{\sum 100G_i}{nt_i}$$

式中:n代表播种数, $G_i$ 代表 $t_i$ ( $t_i=0, 1, 2, 3, \dots, \infty$ )天的出苗数<sup>[12]</sup>;

### 1.2 大田试验

主要研究稻草不同覆盖量对油菜生长、产量及养分吸收的影响,同时观测土壤温度和湿度的变化。

试验于2008年10月~2009年5月在华中农业大学试验场进行。供试土壤为水稻土,前季作物为水稻。耕层土壤理化性质为:pH 6.14、有机质含量14.5 g/kg、全氮1.22 g/kg、速效磷33.4 mg/kg、速效钾222.0 mg/kg。油菜生育期间降水及气温情况见表1。

试验设4个处理:1)CK(不覆盖稻草),2)稻草覆盖量3750 kg/hm<sup>2</sup>(前季稻草半量还田),3)稻草覆盖量7500 kg/hm<sup>2</sup>(前季稻草全量还田),4)稻草覆盖量15000 kg/hm<sup>2</sup>(前季稻草2倍量还田)。各处理2次重复,随机排列,小区面积4.8 m<sup>2</sup>。

各处理施肥量相同,基肥施用复合肥(N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O含量均为16%)450 kg/hm<sup>2</sup>,基肥在2008年10月23日播种前施用,方法为表面撒施后随土壤翻耕与耕层土壤混匀;2009年2月8日追施基肥,施用尿素(N 46%)45 kg/hm<sup>2</sup>,小雨后撒施。

2008年10月23日播种,播种方式为点播,每点播5~6粒种子,齐苗之后定苗到1株,留苗密度

表 1 2008 年 10 月~2009 年 5 月油菜生长季气温及降水情况

Table 1 Conditions of temperature and rainfall during growth season of rapeseed between October 2008 and May 2009

气象因子 Weather factor	月份 Month							
	10	11	12	1	2	3	4	5
气温 Temperature (°C)	19.1	12.5	7.4	4.5	9.0	12.1	18.3	22.2
降水量 Rainfall (mm)	92.5	39.1	5.6	18.5	122.9	69.7	197.7	132.1

为  $30 \times 10^4$  株/hm<sup>2</sup>。播种之后各处理按设计用量直接覆盖稻草,整个生育期不再翻动。油菜生育期间,除播种时适量浇水外,其他时间均靠雨养。

分别在 2008 年 12 月 15 日、2009 年 1 月 15 日和 2009 年 2 月 15 日的 7:00、13:00 和 19:00 测定 0—5、5—10、10—20 cm 土层地温;同日,每小区用土钻分 5 点取 0—20 cm 土壤样品,用烘干法测定土壤含水率。

2009 年 2 月 15 日(薹期)、4 月 15 日(角果期)、5 月 3 日(成熟期),每小区取有代表性植株样 4 株分成地上部和地下部(成熟期分成子粒、茎秆、荚壳、根系),在 105℃ 下杀青 30 min,然后在 60℃ 下烘干,称取各部分干重,磨碎之后用 95:5 的浓硫酸-高氯酸消煮,用流动注射分析仪(瑞典 FIAstar 5000)测定氮、磷含量,用火焰光度计测定钾含量<sup>[13]</sup>。2009 年 5 月 5 日收获,各小区单打单收计子粒产量。

地温日较差为一日中 3 次测定的高温和低温之差;

干物质积累速率[kg/(hm<sup>2</sup>·d)] = 干物质积累量/积累所用时间;

养分吸收速率[kg/(hm<sup>2</sup>·d)] = 养分积累量/积累所用时间。

两组试验数据均用 Excel 进行分析整理,用 SAS 统计软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同稻草还田方式及还田量对油菜出苗的影响

稻草覆盖还田对油菜出苗影响显著。图 1 看出,随着稻草覆盖量的增加,油菜出苗速率和出苗率呈现下降趋势,二者均符合线性负相关关系( $y = -0.0004x + 11.192, R^2 = 0.9413^{**}$  和  $y = -0.0029x + 91.651, R^2 = 0.9509^{**}$ ),覆盖量 7500 kg/hm<sup>2</sup> 处理与对照相比出苗速率和出苗率分别降低了 27.6 个百分点和 19.3 个百分点。

随着稻草还田量的增加,翻埋还田处理的出苗速率及出苗率也呈逐渐减小的趋势,但降低的程度远小于覆盖处理。相同还田量条件下,稻草翻埋还田处理的出苗速率及出苗率均高于覆盖还田处理,说明稻草翻埋还田对油菜出苗的抑制要小于覆盖还田。

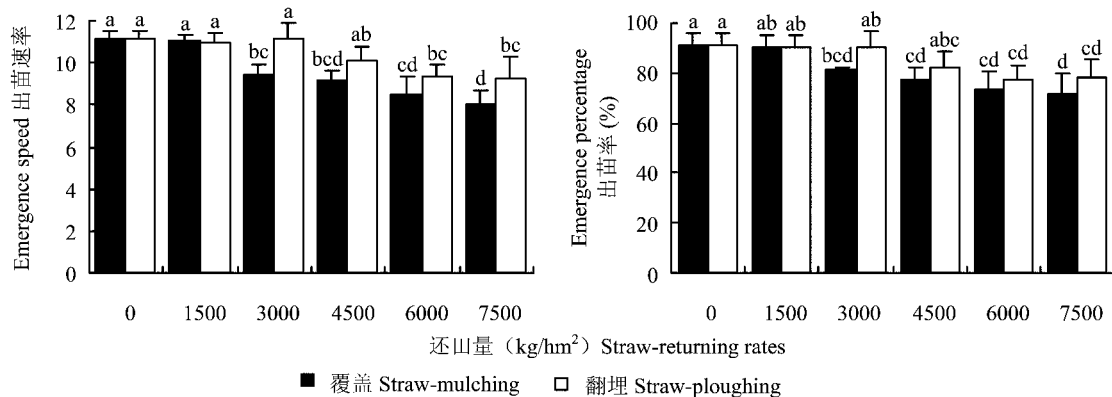


图 1 不同稻草还田方式及还田量对油菜出苗的影响(盆栽试验)

Fig. 1 Effect of different methods and rates of straw-returning on emergence of rapeseed (Pot exp.)

[注(Notes): 柱上不同字母表示差异达 5% 显著水平 Different letters above the bars mean significant at 5% level.]

## 2.2 不同稻草还田方式及还田量对油菜苗情的影响

稻草覆盖还田对苗期油菜叶片 SPAD 值和根茎长度有显著的影响。表 2 显示,随稻草覆盖量增加,SPAD 值下降,根茎长度上升。覆盖还田量 7500 kg/hm<sup>2</sup> 处理,SPAD 值比对照降低了 12.2%,根茎长度增加了 31.9%,均达到显著水平;但是其他各

项指标受稻草覆盖还田的影响均不显著。稻草翻埋还田下,除根茎长度外,其余各项调查指标均随翻埋还田量的增加呈现明显的下降趋势。翻埋还田量 7500 kg/hm<sup>2</sup> 处理长势最差,与对照相比,其鲜重和干重分别降低了 52.7% 和 47.6%,差异显著。说明,稻草翻埋还田对油菜苗期生长的抑制作用大于覆盖还田。

表 2 不同稻草还田方式及还田量对油菜苗情的影响(盆栽试验)

Table 2 Effect of different methods and rates of straw-returning on growth of rapeseed at seedling stage (Pot exp.)

还田方式 Returning method	还田量 Returning rates (kg/hm <sup>2</sup> )	SPAD 值 SPAD value	叶片数 LN (No.)	叶面积 LA (cm <sup>2</sup> )	株高 PH (cm)	根茎粗 RCW (mm)	根茎长 RCL (cm)	植株鲜重 FW of plant (g/pot, FW)	植株干重 DW of plant (g/pot, DW)
CK	0	26.3 a	5.0 ab	20.27 ab	17.9 a	1.93 ab	4.7 c	36.6 a	5.38 a
覆盖 Straw-mulching	1500	26.1 ab	4.8 ab	21.00 a	17.3 ab	1.94 ab	4.7 c	40.1 a	5.73 a
	3000	25.0 abc	5.1 a	20.70 ab	17.6 ab	1.95 ab	5.2 b	41.3 a	5.74 a
	4500	24.3 bcd	4.8 ab	20.50 ab	17.7 ab	1.96 ab	5.9 a	39.4 a	5.71 a
	6000	24.1 bcd	5.0 ab	20.63 ab	17.4 ab	1.95 ab	6.1 a	37.9 a	5.61 a
	7500	23.1 cd	5.0 ab	20.80 a	17.8 a	1.97 a	6.2 a	39.1 a	5.57 a
翻埋 Straw-ploughing	1500	23.8 cd	5.1 a	18.43 b	17.0 ab	1.96 a	4.4 dc	36.4 a	5.25 a
	3000	23.1 cd	4.6 ab	15.07 c	16.4 bc	1.86 abc	4.4 dc	26.8 b	4.09 b
	4500	22.5 de	4.5ab	12.73 d	15.3 cd	1.83 bc	4.4 dc	24.7 b	3.72 bc
	6000	20.7 e	4.4 b	12.35 d	14.4 d	1.80 c	4.3 dc	20.3 b	3.09 bc
	7500	21.0 e	4.4 b	11.53 d	14.3 d	1.67 d	4.1 d	17.3 b	2.82 c

注(Notes): LN—Leaf number; LA—Leaf area; PH—Plant height; RCW—Root crown width; RCL—Root crown length; FW—Fresh weight; DW—Dry weight. 同列数据后不同字母表示差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in a column are significant at 5% level.

## 2.3 不同稻草覆盖量对油菜干物质积累速率及养分吸收速率的影响

稻草覆盖对油菜不同生育阶段干物质积累及养分吸收强度影响不同。抽薹前,稻草覆盖可明显提高油菜干物质积累及养分吸收的强度,其干物质积累速率及氮、磷、钾养分吸收速率比对照分别提高了 49.4%、41.1%、28.9% 和 41.7%,差异显著;但抽薹后,各处理间差异均不显著(表 3)。说明稻草覆盖对油菜生长的促进作用仅限于苗期。

## 2.4 不同稻草覆盖量对成熟期油菜产量及养分积累的影响

稻草覆盖对油菜产量有重要的影响(表 4)。稻草覆盖处理的子粒产量和总干物质产量均高于对照处理,平均增幅分别达到 18.1% 和 20.7%;其中以稻草覆盖量 3750 kg/hm<sup>2</sup> 处理最高。随着稻草还田

量的增加,油菜子产量略有下降,但差异不显著。稻草覆盖还显著提高了成熟期油菜的养分吸收量,覆盖草处理 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 吸收量平均分别比对照提高 23.7%、13.3% 和 24.2%,但不同覆盖量处理间差异并不明显。

## 2.5 不同稻草覆盖量对地温的影响

稻草覆盖对土壤温度有明显的调节作用,主要表现为提升低温、降低高温,且覆盖量越高调节作用越明显。以 2008 年 12 月 15 日测定结果为例,与对照处理相比,稻草覆盖量 15000 kg/hm<sup>2</sup> 处理的 0—5 cm 土层 7:00 地温提高了 6.3℃,而 13:00 地温则降低了 4.7℃。另从地温日较差看,稻草覆盖量 15000 kg/hm<sup>2</sup> 处理的整日地温变化幅度为 4.1℃,比对照处理低 10.2℃,降低幅度为 71.3%,差异显著。随着土层深度的增加,稻草覆盖的调温作用有

表3 不同稻草覆盖量对油菜干物质积累及养分吸收速率的影响(大田试验)  
Table 3 Effect of different straw-mulching rates on dry matter accumulation speed and nutrient uptake speed (Field exp.)

稻草覆盖量 Straw-mulching rate (kg/hm <sup>2</sup> )	干物质积累速率[kg/(hm <sup>2</sup> ·d)] Dry matter accumulation speed		养分吸收速率[kg/(hm <sup>2</sup> ·d)] Nutrient uptake speed					
	抽薹前 Before bud stage	抽薹~结角 Bud stage-pod stage	抽薹前 Before bud stage			抽薹~结角 Bud stage-pod stage		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0	10.4 b	112.6 a	0.30 b	0.15 b	0.56 b	1.16 a	0.91 a	1.99 a
3750	16.0 a	119.7 a	0.43 a	0.19 a	0.80 a	1.09 a	1.02 a	1.92 a
7500	15.1 a	120.1 a	0.41 a	0.19 a	0.76 ab	1.18 a	1.04 a	1.96 a
15000	15.5 a	112.7 a	0.43 a	0.20 a	0.82 a	1.00 a	0.88 a	1.78 a

注(Note): 抽薹前是2008年10月23日至2009年2月15日,抽薹~结角是2009年2月15日至4月15日 Before bud stage was from Oct 23, 2008 to Feb 15, 2009; Bud stage-pod stage was from Feb 15 to Apr 15, 2009. 同列数据后不同字母表示差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant at 5% level.

表4 不同稻草覆盖量对成熟期油菜产量及养分积累的影响(kg/hm<sup>2</sup>,大田试验)  
Table 4 Effect of different straw-mulching rates on yield and nutrient uptake of rapeseed at the maturing stage (Field exp.)

稻草覆盖量 Straw-mulching rate	子粒产量 Yield	总干物质产量 Total dry matter yield	总养分吸收量 Total nutrient uptake rate		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0	1327 b	4670 b	48.1 b	36.1 b	102.0 b
3750	1603 a	5702 a	60.4 a	40.4 a	124.2 a
7500	1557 a	5593 a	60.4 a	42.8 a	128.2 a
15000	1543 a	5607 a	57.7 a	39.5 a	127.5 a

注(Note): 同列数据后不同字母表示差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant at 5% level.

逐渐减弱的趋势,如在5—10 cm土层,稻草覆盖量15000 kg/hm<sup>2</sup>处理的地温日较差比对照处理低4.8℃,降低幅度为62.3%;而在10—20 cm土层处理间差距仅为1.7℃,降低幅度为58.6%(表5)。

### 2.6 不同稻草覆盖量对耕层土壤水分状况的影响

随着稻草覆盖量的增加,土壤含水率有上升趋势(图2)。稻草覆盖量15000 kg/hm<sup>2</sup>处理的土壤含水率最高,3次测定的平均值比对照提高了4.8个百分点,差异显著。说明稻草覆盖可以有效地减少土壤水分蒸发,提高土壤的蓄水保墒能力。但从不同取样时期土壤水分状况的比较来看,随着时间的推移,稻草覆盖保持土壤水分的能力有逐渐减弱的趋势。如2008年12月15日取样时,稻草覆盖量15000 kg/hm<sup>2</sup>处理的土壤含水率比对照处理高6.4个百分点,而在2009年2月15日取样时,该处理土壤含水率仅比对照高3.3个百分点。

## 3 讨论与结论

农田秸秆覆盖可在土壤和大气间形成热与水的屏障层,使土壤与大气间的热量及水分交换趋于缓和<sup>[14]</sup>,起到保温保水的作用,本研究结果与以上结论相一致。从土壤温度状况看,随着稻草覆盖量的增加,各土层深度地温日较差均逐渐降低,其中以表土层(0—5 cm)的降低更为明显;从土壤水分状况看,随着稻草覆盖量的增加,土壤含水量逐渐提高,说明稻草覆盖确有保持土壤水分,抑制无效蒸发(棵间蒸发)的作用。但随取样时间的推移此种效用有逐渐被削弱的趋势,其原因可能与油菜生长,叶面积指数不断增加,农田覆盖度提高,导致棵间蒸发本身受到削弱有关<sup>[14-15]</sup>。

大田试验条件下,稻草覆盖可明显提高苗期油菜干物质积累及养分吸收的能力,覆盖处理的干物

表 5 不同稻草覆盖量对不同时间不同土层深度地温的影响(大田试验)

Table 5 Effect of different straw-mulching rates on soil temperature of different depth (Field exp.)

土层深度 Soil depth (cm)	覆盖量 Mulching rate (kg/hm <sup>2</sup> )	地温 Soil temperature (°C)											
		2008-12-15				2009-01-15				2009-02-15			
		7:00	13:00	19:00	日较差 Daily range	7:00	13:00	19:00	日较差 Daily range	7:00	13:00	19:00	日较差 Daily range
0—5	0	-1.3	13.0	8.7	14.3 a	-3.0	8.8	4.4	11.8 a	5.4	14.6	8.6	9.2 a
	3750	3.4	12.3	8.6	9.0 b	-1.0	6.6	3.9	7.6 b	7.1	13.8	8.9	6.7 b
	7500	4.0	11.7	8.1	7.7 b	-0.4	5.6	4.2	6.0 c	6.9	12.7	9.2	5.8 b
	15000	5.0	8.3	9.1	4.1 c	-0.1	5.1	4.0	5.2 c	7.2	11.5	9.2	4.3 c
5—10	0	3.9	11.5	9.8	7.7 a	-0.5	4.8	5.5	6.0 a	6.8	12.1	9.1	5.3 a
	3750	4.4	9.4	8.8	5.0 b	0.0	3.9	4.5	4.5 b	6.3	10.5	10.3	4.2 ab
	7500	5.8	9.7	8.9	3.9 b	1.4	3.5	4.1	2.7 c	7.1	10.6	9.9	3.5 ab
	15000	6.5	9.3	9.4	2.9 c	1.1	4.5	5.0	3.9 b	8.4	10.3	10.0	1.9 b
10—20	0	7.5	9.4	10.4	2.9 a	2.9	3.9	5.1	2.2 a	8.2	10.3	10.4	2.2 ab
	3750	7.7	9.1	9.7	2.0 ab	2.6	3.6	5.2	2.6 a	8.0	9.6	10.3	2.3 a
	7500	8.0	9.2	9.9	1.9 b	2.9	3.8	4.9	2.0 a	8.5	9.7	10.4	1.9 b
	15000	8.2	8.9	9.5	1.2 b	3.0	4.2	4.8	1.8 a	8.5	9.5	9.8	1.3 c

注(Note): 同一土层同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in a column are significant among treatments for a soil depth at 5% level.

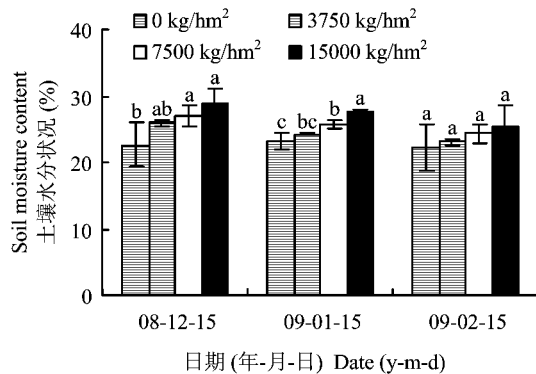


图 2 不同稻草覆盖量对耕层土壤水分状况的影响(大田试验)

Fig. 2 Effect of different straw-mulching rates on soil moisture content (Field exp.)

[注(Note): 柱上不同字母表示差异达 5% 显著水平 Different letters above the bars mean significant at 5% level.]

质积累速率及养分吸收速率均显著高于对照,但进入薹期之后,效果并不明显;成熟期,稻草覆盖处理的油菜子产量、总干物质产量以及氮、磷、钾养分的吸收量均显著高于对照。本试验以稻草覆盖量 3750 kg/hm<sup>2</sup> 处理产量最高,随覆盖量增加产量有

所下降,但差异不大。在生产中考虑到油菜轻简化栽培省工节本的要求,应当推荐 7500 kg/hm<sup>2</sup> 的覆盖量,即前季稻草全量还田。

田间条件下,稻草覆盖量大的处理出苗较差,可能是稻草覆盖对油菜出苗的抑制作用所致。盆栽试验的结果也表明,稻草覆盖还田对油菜出苗确有抑制作用,且随着覆盖量的增加,抑制趋于明显,这与李少昆等<sup>[16]</sup>及 Morris 等<sup>[17]</sup>的研究结果类似。稻草翻埋还田条件下,油菜出苗虽然也受到一定程度的影响,但要小于覆盖处理。仅从减少出苗受抑制程度考虑,稻草以翻埋方式还田优于覆盖还田。

稻草覆盖还田,随着覆盖量的增加,油菜叶片 SPAD 值逐渐降低,叶片略有黄化,出现这种现象可能是刚出苗的油菜对稻草覆盖所产生的遮光效应的生理反应<sup>[18]</sup>;而且根茎逐渐伸长,这可能是稻草覆盖的阻碍效应及遮光效应共同作用的结果<sup>[19-20]</sup>。但总体来看,稻草覆盖还田对油菜苗情影响不大,不同覆盖量处理油菜干、鲜重均无明显差异。这与大田试验结果略有不同,可能与盆栽条件下水分供应充足及试验期间并未出现低温天气有关。但是,稻草翻埋还田条件下,随着稻草还田量增加,油菜各项

生长指标均呈现明显的下降趋势,可能与稻草翻埋之后腐解较快<sup>[21-22]</sup>,微生物与油菜竞争土壤氮素以及翻埋的稻草对油菜根系的生长有阻碍作用有关。综合两种稻草还田方式下油菜的出苗及苗情状况,以稻草覆盖方式还田更为合理。

稻草覆盖利弊共存。一方面,在越冬期稻草覆盖为油菜生长创造了比较适宜的温度和水分环境,从而促进了油菜的干物质积累和对氮、磷、钾养分的吸收;但对油菜出苗却有较强的抑制作用。因此,生产中必须尽量规避不利效应,发挥有益效应,才能使稻草覆盖对油菜的增产潜力得到最大化的发挥。笔者认为,通过适当增加播种量以提高稻草覆盖条件下油菜的出苗率;根据盆栽试验的结果,稻草覆盖量达到 7500 kg/hm<sup>2</sup> 时,播种量应比无稻草覆盖时相应提高 1.2 ~ 1.3 倍为宜。但是大田与盆栽条件不同,盆栽放大了稻草覆盖与不覆盖之间的差异,因此播种量应小于盆栽条件下的提高幅度,具体尚需做进一步研究。

#### 参 考 文 献:

- [1] 陈辉,施能,王永波. 长江中下游气候的长期变化及基本特征[J]. 气象科学,2001,21(1): 44-53.  
Chen H, Shi N, Wang Y B. Climate secular change and base state over the mid-lower reaches of Yangtze River[J]. Sci. Meteorol. Sin., 2001, 21(1): 44-53.
- [2] 张学昆,张春雷,廖星,王汉中. 2008 年长江流域油菜低温冻害调查分析[J]. 中国油料作物学报,2008,30(1): 122-126.  
Zhang X K, Zhang C L, Liao X, Wang H Z. Investigation on 2008' low temperature and freeze injure on winter rape along Yangtze River[J]. Chin. J. Oil Crop Sci., 2008, 30(1): 122-126.
- [3] 田祖庆,蒋剑麟,熊宏林,张运胜. 2008 年冰雪灾害对油菜生产的影响与抗灾对策[J]. 作物研究,2009,(1): 49-51.  
Tian Z Q, Jiang J L, Xiong H L, Zhang Y S. Effect of 2008' low temperature and freeze on winter rape and protection strategy[J]. Crop Res., 2009(1): 49-51.
- [4] 陈素英,张喜英,刘孟雨. 玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律[J]. 中国农业气象,2002,23(4): 34-37.  
Chen S Y, Zhang X Y, Liu M Y. Soil temperature and soil water dynamics in wheat field mulched with maize straw[J]. Chin. J. Agrometeorol., 2002, 23(4): 34-37.
- [5] 员学锋,吴普特,汪有科,徐福利. 免耕条件下秸秆覆盖保墒灌溉的土壤水、热及作物效应研究[J]. 农业工程学报,2006,22(7): 22-26.  
Yuan X F, Wu P T, Wang Y K, Xu F L. Soil moisture conserving irrigation under straw mulch with no-tillage[J]. Trans. CSAE, 2006, 22(7): 22-26.
- [6] 张伟,汪春,梁远,李玉清. 残茬覆盖对寒地旱作区土壤温度的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(5): 70-73.  
Zhang W, Wang C, Liang Y, Li Y Q. Effect of crop residue cover on soil temperature in cold and dry farming areas[J]. Trans. CSAE, 2006, 22(5): 70-73.
- [7] 秦江涛,胡峰,李辉信,等. 覆草旱作对水稻主要农艺性状的影响及节水效应[J]. 中国水稻科学,2006,20(2): 171-176.  
Qin J T, Hu F, Li H X et al. Effect of dry cultivation with straw mulching on rice agronomic traits and water use efficiency[J]. Chin. J. Rice Sci., 2006, 20(2): 171-176.
- [8] 汪强,樊小林,Klaus D,Sattemacher B. 华南地区覆盖旱种水稻节水及其水分利用效率研究[J]. 灌溉排水学报,2007,26(4): 89-92.  
Wang Q, Fan X L, Klaus D, Sattemacher B. Study on water-saving and water use efficiency of aerobic rice with mulching in South China[J]. J. Irrig. Drain., 2007, 26(4): 89-92.
- [9] 陈尚洪,朱钟麟,刘定辉,等. 秸秆还田和免耕对土壤养分及碳库管理指数的影响研究[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(4): 806-809.  
Chen S H, Zhu Z L, Liu D H et al. Influence of straw mulching with no-till on soil nutrients and carbon pool management index[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2008, 14(4): 806-809.
- [10] 谭德水,金继运,黄绍文. 长期施钾与秸秆还田对西北地区不同种植制度下作物产量及土壤钾素的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5): 886-893.  
Tan D S, Jin J Y, Huang S W. Effect of long-term K fertilizer application and returning wheat straw to soil on crop yield and soil K under different planting systems in northwestern China[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2008, 14(5): 886-893.
- [11] 毕于运,王道龙,高春雨,等. 中国秸秆资源评价与利用[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008. 69-92.  
Bi Y Y, Wang D L, Gao C Y et al. Straw resources evaluation and utilization in China[M]. Beijing: China Agricultural Science Press, 2008. 69-92.
- [12] Redman R E, Qi M Q. Impacts of seeding depth on emergency and seedling structure in eight perennial grasses[J]. Can. J. Bot., 1992(70): 133-139.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000. 30-107, 127.  
Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000. 30-107, 127.
- [14] 胡实,彭娜,谢小立. 农田秸秆覆盖保墒研究[J]. 中国农业气象,2007,28(1): 49-53.  
Hu S, Peng N, Xie X L. Study on water conservation in cropland with stalk cover[J]. Chin. J. Agrometeorol., 2007, 28(1): 49-53.
- [15] 张喜英,陈素英,裴冬. 秸秆覆盖下的夏玉米蒸散、水分利用效率和作物系数的变化[J]. 地理科学进展,2002,21(6): 583-592.  
Zhang X Y, Chen S Y, Pei D. Evapotranspiration, yield and crop coefficient of irrigated maize under straw mulch conditions[J]. Prog. Geog., 2002, 21(6): 583-592.
- [16] 李少昆,王克如,冯聚凯,等. 玉米秸秆还田与不同耕作方式

- 下影响小麦出苗的因素[J]. 作物学报, 2006, 32 (3): 463 - 465.
- Li S K, Wang K R, Feng J K *et al.* Factors affecting seeding emergence in winter wheat under different tillage patterns with maize stalk mulching returned to the field [J]. *Acta Agron. Sin.*, 2006, 32 (3): 463 -465.
- [17] Morris N L, Miller P C H, Orson J H, Froud-Williams R J. The effect of wheat straw residue on the emergence and early growth of sugar beet (*Beta vulgaris*) and oilseed rape (*Brassica napus*) [J]. *Eur. J. Agron.*, 2009, 30(3): 151 -162.
- [18] 战吉成, 黄卫东, 王利军. 植物弱光逆境生理研究综述[J]. 植物学通报, 2003, 20(1): 43 -50.
- Zhan J C, Huang W D, Wang L J. Research of weak light stress physiology in plants[J]. *Chin. Bull. Bot.*, 2003, 20(1): 43 - 50.
- [19] 刘后利. 实用油菜栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 96 -101.
- Liu H L. Practical cultivation of rapeseed[M]. Shanghai: Science Technology Press, 1987. 96 -101.
- [20] 傅承新, 丁炳扬. 植物学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002. 60 -62.
- Fu C X, Ding B Y. Botany[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2002. 60 -62.
- [21] 李新举, 张志国, 李贻学. 土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J]. 土壤学报, 2001, 38 (1): 135 -138.
- Li X J, Zhang Z G, Li Y X. Effects of soil depth on decay speed of straw[J]. *Acta Pedol. Sin.*, 2001, 38 (1): 135 -138.
- [22] 刘世平, 陈文林, 聂新涛, 等. 稻麦两熟地区不同埋深对还田秸秆腐解进程的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13 (6): 1049 -1053.
- Liu S P, Chen W L, Nie X T *et al.* Effect of embedding depth on decomposition course of crop residues in rice-wheat system[J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2007, 13(6): 1049 -1053.